

SISTEM PENDETEKSI *SOLUBLE SOLID CONTENTS* (SSC) PADA BAGIAN MEMAR (*BUISES*) BUAH BERBASIS CITRA VIS-NIR

¹Ida Ratna Nila*, ¹Nirmala Sari

¹Jurusan Teknik Fisika Universitas Samudra

*Co-Author: idaratnanila@unsam.ac.id

Abstract.

The time prediction system and the distribution of SSC content in bruises are determined based on the length of time of storage using Vis-NIR images at a wavelength of 400-1000 nm using a system without having to damage the object. So that the information obtained can not only distinguish the bruised area, but also provide information on the depth of the bruise and SSC content in the area around the bruise. The Vis-NIR image system used consists of a set of devices, including a workbench, a slider, two halogen light sources (150W) and a Vis-NIR image camera connected to a PC via Camera Link. The system software consists of measurement of reflectance image profiles, feature extraction, feature selection on spectral and spatial data, PLSR models of SSC content, and PLSR models of bruising depth. Partial Least Square Regression (PLSR) model is used to develop prediction models for all wavelength spectral data. The PLSR model was used to predict the value of SSC content and the depth of the bruise. The predicted results were compared with the results of laboratory tests of SSC content obtained using a refractometer and the depth of the bruises obtained was measured by an expert. From the results of the performance of the prediction model, the RMSE value from the testing data is 0.06 and the correlation coefficient from the testing data is 0.99.

Keyword : Bruises, SSC, PLSR, Citra Vis-NIR.

1. PENDAHULUAN

Kualitas buah merupakan suatu ukuran untuk menentukan buah tersebut dapat dikonsumsi dalam keadaan segar atau dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan. Hal ini, dapat diukur dari penampilan (ukuran, bentuk, dan warna), tekstur (firmness), rasa (manis dan asam), dan nilai gizi (vitamin, mineral, nutrisi, dan karbohidrat) [1]. Umumnya, memar yang terjadi pada buah, disebabkan oleh kerusakan mekanis selama panen, distribusi, dan penyortiran. Hal ini dapat dilihat pada permukaan buah yang mengalami perubahan warna kulit. Sehingga penampilan luar buah sangat mempengaruhi daya tarik dan nilai jual bagi konsumen. Oleh karena itu, buah yang mengalami memar harus dipisahkan dari buah normal selama penyortiran. Sistem penyortiran untuk buah yang memar telah tersedia, namun kemampuan untuk mendeteksi kerusakan yang bersifat seperti memar pada buah masih menjadi permasalahan [2]. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi otomatis untuk menilai kualitas buah yang segar.

Selama ini, penyortiran buah memar dilakukan secara konvensional dengan sekedar melihat perubahan permukaan pada buah seperti kecoklatan. Beberapa teknologi yang telah digunakan multispectral system, spektrometri massa (MS), dan High performance liquid chromatography (HPLC). Semua teknik ini membutuhkan waktu yang lama, biaya mahal, dan membutuhkan penggunaan berbagai bahan kimia [3]. Sehingga, metode ini tidak cocok jika digunakan pada proses penyortiran buah dalam jumlah produksi yang besar. Untuk itu, dibutuhkan teknik yang cepat, efektif, efisien, dan tanpa merusak objek. Seperti teknik optik tanpa perlu merusak objek, yaitu sistem berbasis citra Vis-NIR. Sistem ini menggabungkan pencitraan konvensional dan spektroskopi untuk memperoleh informasi spasial dan spektral dari suatu objek pada panjang gelombang yang luas untuk setiap pixel pada sampel dan dapat mendeteksi kandungan kimia (SSC) pada objek serta distribusi spasial kandungan tersebut.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem yang dapat mendeteksi memar pada buah dengan menggunakan citra Vis-NIR. Kemudian dibangun sebuah model optimum untuk mendeteksi memar pada buah menggunakan teknik pengolahan citra. Setelah itu, semua citra spektral yang diperoleh diakuisisi, diolah dan dianalisis menggunakan Matlab dengan toolbox image processing.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan Sistem Pengukuran

Rancangan sistem pengukuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu sistem citra Vis-NIR. Adapun komponen utama yang digunakan untuk membangun sistem ini, terdiri dari empat komponen utama, yaitu sumber cahaya, kamera, slider, dan seperangkat komputer (PC).

■ Sumber Cahaya

Lampu yang digunakan dalam penelitian ini adalah lampu halogen. Lampu halogen adalah sumber pencahayaan pada daerah panjang gelombang elektromagnetik cahaya tampak dan NIR. Lampu halogen yang digunakan adalah Philips Halolite sebanyak 2 buah dengan daya 150 W. Lampu halogen ini memiliki panjang gelombang 400 – 2500 nm dan diletakkan sejajar kamera dengan membentuk sudut 45° terhadap bidang pandang kamera.



Gambar 2.1 Lampu Halogen Philips

■ CCD Kamera Hyperspektral

Kamera yang digunakan pada penelitian ini adalah kamera Vis-NIR dengan Specim FX10 spectograph (400-1000 nm). Kamera ini dilengkapi oleh detektor dan memiliki spesifikasi devais dispersi panjang gelombang. Prinsip pemindaian kamera Specim FX10 yaitu pemindaian garis.



Gambar 2.2 Kamera Hyperspectral Specim FX10

■ Slider dan Teflon Putih

Pada penelitian ini, slider digunakan untuk memindahkan sampel pada saat melakukan pemindaian garis dan Teflon putih (PTFE) dengan efisiensi refleksi 99% digunakan sebagai tempat dudukan sampel yang berfungsi untuk mendapatkan citra referensi putih.



(a)



(b)

Gambar 2.3 (a) Slider dan (b) Teflon putih

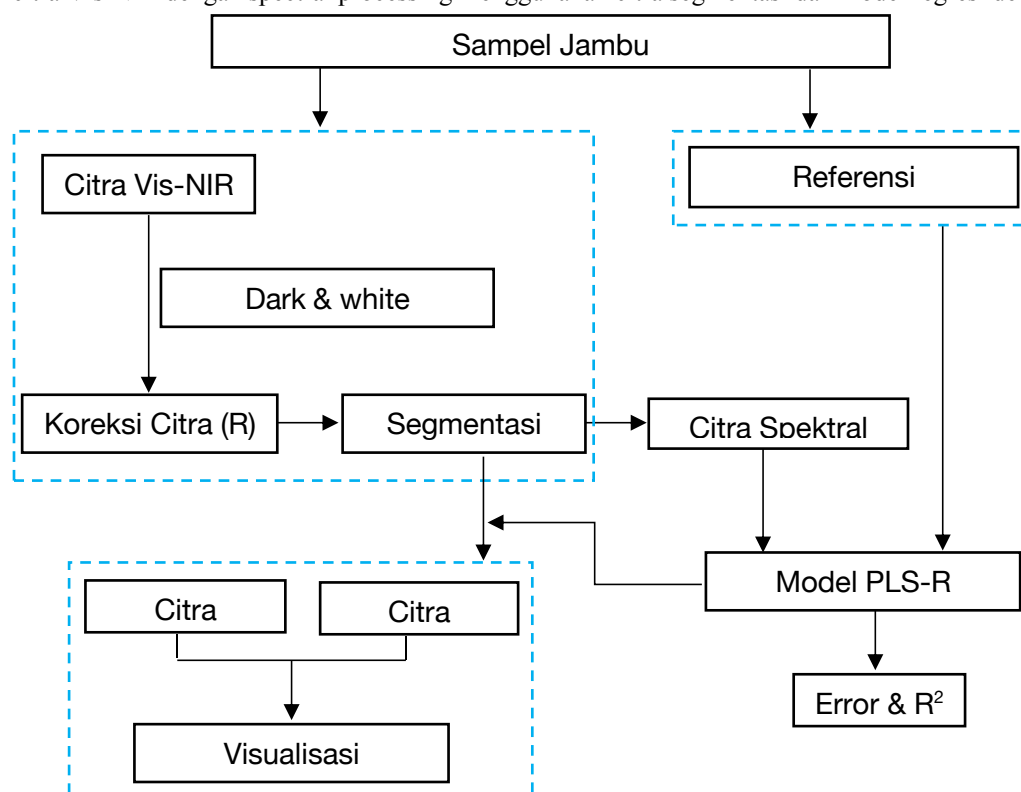
■ Komputer

Komputer digunakan untuk mengatur kecepatan slider, waktu pemaparan kamera, mode binning, perolehan citra, dan kalibrasi.

2.2 Pengolahan Citra Hiperspektral

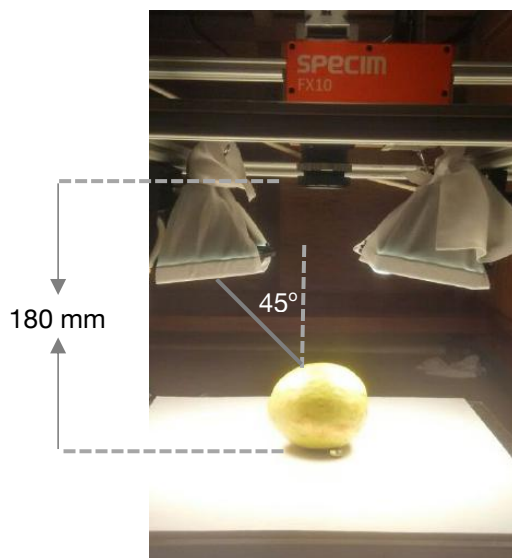
■ Rancangan Algoritma

Rancangan ini memiliki beberapa tahapan yang akan dilakukan dalam proses pendeteksian membran pada jambu. Ada dua jenis proses pengolahan citra hiperspektral diantaranya, spectral processing dan spatial processing. Pada pengolahan citra Vis-NIR dengan spectral processing menggunakan citra segmentasi dan model regresi dengan PLSR.



Gambar 2.4. Diagram Blok Rangkaian

Pada gambar 2.5 menunjukkan gambaran pengambilan citra Vis-NIR. Setiap sampel ditempatkan diatas teflon putih yang diletakkan diatas slider, posisi bagian yang membran dihadapkan pada bidang pandang kamera. Kecepatan pemindaian 3,7 cm/s dengan waktu pemaparan (exposure time) 10 ms selama perolehan citra. Sampel diambil berdasarkan pemindaian linier sepanjang sumbu Y dan sampel bergerak searah sumbu X. Secara bertahap, citra Vis-NIR yang dihasilkan dalam bentuk 3D dengan dimensi x, y dan λ dipindai baris demi baris. Sehingga, diperoleh citra Vis-NIR.



Gambar 2.5 Skema sistem pengukuran citra Vis-NIR

Pada saat sampel bergerak pada bidang pandang kamera, citra dan spektrum diperoleh oleh kamera CCD dan selanjutnya dikirim ke komputer untuk disimpan. Citra Vis-NIR yang diperoleh disimpan dalam bentuk 3D yang terdiri dari dua dimensi spasial (x dan y) dan satu dimensi spektral, sehingga sifat fisik dan kimia dari sampel dapat diketahui.

■ Koreksi Citra

Sistem akuisisi citra Vis-NIR dioperasikan pada ruangan gelap, selama akuisisi citra, Arus gelap yang ditimbulkan oleh kamera menyebabkan noise pada citra sampel. Untuk mengatasi noise tersebut, dibutuhkan citra referensi putih dan gelap. Citra referensi putih (W) diperoleh dengan menggunakan Teflon putih dimana reflektansi yang dimiliki 99%. Sedangkan, Citra referensi gelap diperoleh dengan menutup lensa menggunakan penutup lensa dan reflektansi yang diberikan sebesar 0%. Kedua citra referensi ini digunakan untuk menghitung nilai reflektansi dari citra mentah spektral (I_o) dari sampel dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$I = \frac{I_o - B}{W - B} \times 100\%$$

■ Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah proses untuk menemukan daerah homogen dalam citra dengan mengklasifikasi daerah tersebut. Pada penelitian ini adalah ROI (Region of Interest) untuk mendapatkan citra spektral (X). ROI yang mewakili daerah normal dan memar dipilih secara manual dari citra jambu yang memar dengan menggunakan fungsi poligonal pada Matlab. Langkah ini dilakukan, untuk mendapatkan fitur yang akan digunakan untuk memprediksi bagian memar dan mengetahui koefisien korelasi maksimum untuk perbedaan reflektansi pada dua panjang gelombang.

■ Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur adalah rata-rata spektral ROI dari data spasial yang dihitung dengan nilai rata-rata spektral semua piksel ROI. Pada spektral data digunakan model PLS. Untuk mendapatkan model prediksi yang baik dan tepat maka digunakan 10 jumlah folding dengan variasi hasil PLS. Ekstraksi fitur yang diperoleh digunakan untuk analisis lebih lanjut. Fitur terbaik yang terpilih akan digunakan sebagai masukan untuk mendapatkan model prediksi. Ketepatan model prediksi yang dipilih dapat dilihat dengan membandingkan nilai kedalaman memar citra Vis-NIR dengan nilai kedalaman memar yang diperoleh dari referensi pengukuran uji lab. Visualisasi kedalaman memar dihasilkan dengan menghitung kedalaman memar setiap piksel dalam sampel jambu yang memar pada waktu penyimpanan yang berbeda setelah memar [4].

■ PLS Algorithma

Model PLSR digunakan untuk menemukan korelasi antara citra spektral Vis-NIR dengan kualitas parameter sampel (SSC dan kedalaman memar). Model PLS ditentukan dengan jumlah faktor yang dipilih dengan metode cross-validation. Sampel disusun dalam urutan kedalaman memar. Sampel pertama dipilih untuk prediksi, dan sampel kedua, ketiga dan keempat dipilih untuk kalibrasi. Adapun persamaan yang digunakan:

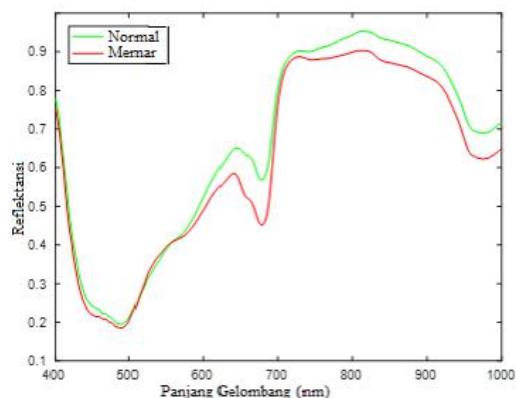
$$X = TP^T + E \text{ dan } Y = UQ^T + E$$

Dimana X adalah matriks data spectral yang didekomposisi menjadi matriks nilai T, P adalah matriks loading, dan E adalah matrik error. Demikian juga, matriks nilai referensi Y didekomposisi menjadi matriks nilai U, Q adalah matriks loading, dan E adalah matrik error.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Fitur spektral dan Variasi Hiperspektral Jambu

Tampilan spektral reflektansi pada daerah ROI dari sampel dengan rentang panjang gelombang 400-1000 nm yang diekstraksi dari daerah normal dan memar.

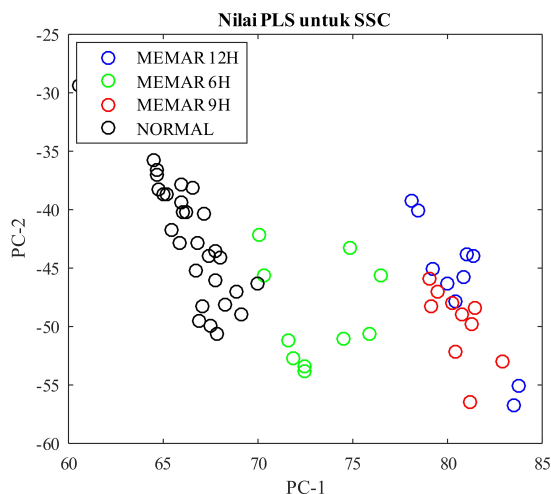


Gambar 2.7 Grafik reflektansi jambu berdasarkan daerah normal dan memar

3.2 Analisis Data Spektral

■ Hasil Prediksi Kandungan SSC pada Daerah Memar

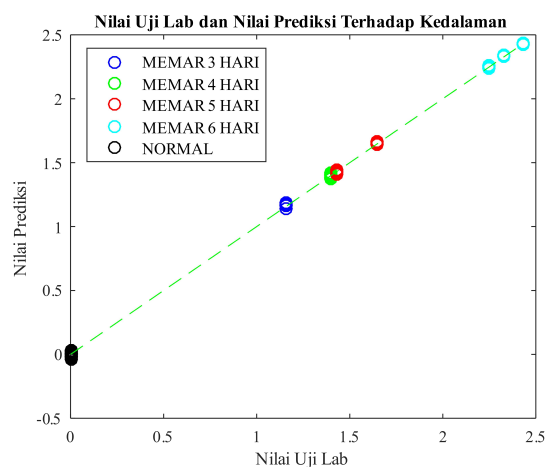
Hasil prediksi PLS untuk pengujian kandungan SSC pada jambu ditunjukkan pada Gambar 2.8, dapat dilihat plot PLS score antara PC-1 dengan PC-2 dapat diamati kelompok-kelompok yang terpisah dari daerah normal dan memar. Dari hasil tersebut, dapat dilihat pengelompokkan data jambu berdasarkan waktu penyimpanan yang telah ditentukan. Pengelompokkan data tersebut terdiri dari beberapa kelas berdasarkan waktu penyimpanan pada jambu. Sehingga, dapat dilihat bahwa hasil prediksi PLS score dapat terkelompok berdasarkan waktu penyimpanan dan kita dapat mengetahui bahwa distribusi kandungan SSC pada daerah memar.



Gambar 2.8 Hasil PLS score PC1 dan PC2 berdasarkan distribusi SSC pada Jambu

■ Kinerja model PLSR pada kedalaman memar

Pada Gambar 2.9 menunjukkan hasil regresi antara nilai uji lab dengan nilai prediksi dari reflektansi citra Vis-NIR dengan menggunakan PLSR. Kedalaman memar diprediksi oleh model PLSR. Semua parameter yang diukur memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap kedalaman memar. Dari gambar 2.9, terlihat bahwa kedalaman memar yang diprediksi oleh model PLSR menghasilkan rentang kedalaman yang sama besar bila dibandingkan dengan kedalaman memar yang diukur. Hal ini dapat dipastikan dari gambar yang memiliki kemiringan persimpangan dan zero intercept disepanjang garis regresi terlihat segaris. Secara keseluruhan, hasil prediksi untuk kedalaman memar terhadap waktu penyimpanan, terwakili bahwa nilai prediksi sangat akurat dengan nilai yang terukur. Dari gambar terlihat terlihat korelasi kuat antara nilai yang diukur (uji lab) dan yang diperkirakan (nilai prediksi). Hasil prediksi terbaik memiliki persebaran titik segaris dan jarak antara hasil prediksi dan uji laboratorium sangat kecil, maka model regresi yang digunakan semakin baik.

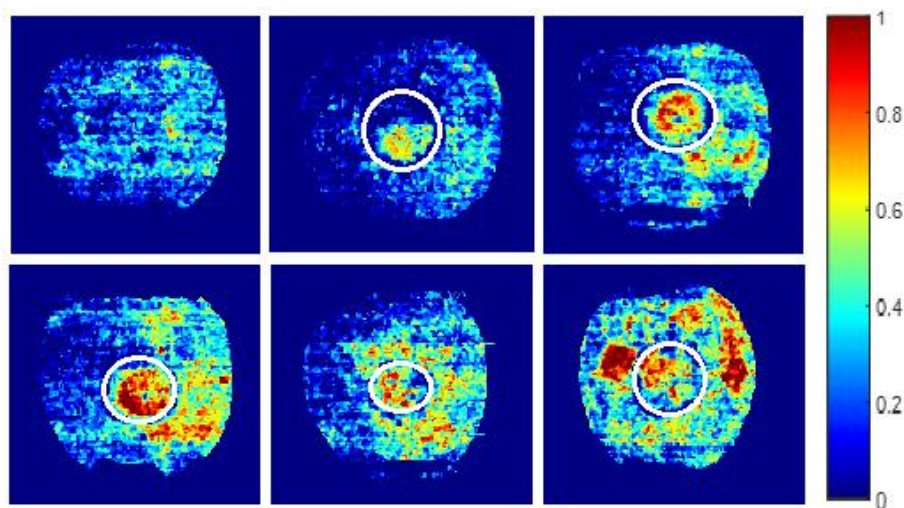


Gambar 2.9 Grafik Prediksi vs Uji Lab Untuk Kedalaman area memar menggunakan PLS-Regression

■ Distribusi Visualisasi kandungan SSC pada Daerah Memar

Teknik citra Vis-NIR mampu menganalisis kandungan senyawa kimia (SSC) dengan membuat peta distribusi visualisasi terhadap nilai kandungan SSC berdasarkan citra spasial setiap piksel dan analisis warna yang sesuai. Langkah awal yang dilakukan adalah membandingkan model kalibrasi dengan analisis PLSR yang dipilih untuk menghasilkan distribusi visualisasi. Citra visualisasi ditampilkan dalam berbagai macam warna untuk memudahkan dalam membedakan kandungan SSC pada daerah memar

Pada Gambar 2.10 menunjukkan visualisasi distribusi kandungan SSC pada daerah memar jambu dengan waktu penyimpanan yang berbeda-beda, hal ini disebut merupakan langkah visualisasi distribusi kandungan SSC pada daerah memar berdasarkan waktu penyimpanan. Dari gambar visualisasi tersebut ditunjukkan peta penyebaran kandungan SSC pada bagian memar jambu. Kandungan SSC pada bagian memar jambu kelihatan meningkat berdasarkan lamanya waktu penyimpanan.



Gambar 2.10 Distribusi SSC pada daerah memar jambu di berbagai waktu penyimpanan

4. KESIMPULAN

Saat memar terjadi, struktur sel rusak dan kandungan kimia berubah pada daerah memar. Biasanya kandungan air pada bagian memar lebih tinggi dari pada bagian normal. Karena kandungan air berada pada panjang gelombang near-infrared, maka pendeteksian memar ditentukan pada near-infrared. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pencitraan hiperspektral 400-1000 nm dapat digunakan untuk mendeteksi memar pada jambu. Akurasi deteksi memar pada jambu adalah 94%. Total klasifikasi berdasarkan tingkat keakuratannya didapatkan 92,75% untuk data set training dan 89,86% untuk data set testing.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ElMasry, Gamal, Ning Wang, Adel ElSayed, and Michael Ngadi. 2007. "Hyperspectral Imaging for Nondestructive Determination of Some Quality Attributes for Strawberry." *Journal of Food Engineering* 81(1): 98–107.
- [2] Zhang, Shujuan et al. 2013. "A Simple Identification Model for Subtle Bruises on the Fresh Jujube Based on NIR Spectroscopy." *Mathematical and Computer Modelling* 58(3–4): 545–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mcm.2011.10.067>.
- [3] Amodio, Maria Luisa et al. 2017. "Potential of NIR Spectroscopy for Predicting Internal Quality and Discriminating among Strawberry Fruits from Different Production Systems." *Postharvest Biology and Technology* 125: 112–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.11.013>.

- [4] ElMasry, Gamal M., and Shigeki Nakauchi. 2016. "Image Analysis Operations Applied to Hyperspectral Images for Non-Invasive Sensing of Food Quality - A Comprehensive Review." Biosystems Engineering.